

PAT-NO: JP403141640A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03141640 A

TITLE: MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

PUBN-DATE: June 17, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TATSUMI, TETSUYA

KADOMURA, SHINGO

INT-CL (IPC): H01L021/302

US-CL-CURRENT: 438/694, 438/706, 438/714, 438/FOR.117, 438/FOR.120

ABSTRACT:

PURPOSE: To make it possible to perform etching by which a contamination source is hard to occur in an etching process and an excellent etching shape is obtained by providing the etching process for the silicon part of a material to be etched by using a specified mixed gas.

CONSTITUTION: Mixed gas containing at least hydrogen bromide and nitrogen is used, and a process for etching the silicon part of a material to be etched is provided. For example, in a trench etching process for forming a trench in single crystal silicon, a material to be etched 10 comprising a single crystal silicon substrate 1, an insulating film 2 and a polysilicon film 3 is etched with photoresist 4 as a mask. Thus, a trench 11 is formed. Namely, the substrate 1, the film 2 and the film 3 form the silicon parts, respectively, and these parts are etched. The reactive component of SiBr_x is generated in the silicon trench part which is struck with HBr plasma. Since the reactive component is unstable, the component reacts with N₂ in the gas component in a vapor phase, and SiNy is obtained. The SiNy is attached to the side-wall, and a protective film 5 is formed. Therefore, the etching advances under the protection.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A) 平3-141640

⑮ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)6月17日

H 01 L 21/302

F

8122-5F

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑭ 発明の名称 半導体装置の製造方法

⑯ 特 願 平1-279051

⑰ 出 願 平1(1989)10月26日

⑱ 発 明 者 辰 巳 哲 也 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
⑲ 発 明 者 門 村 新 吾 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
⑳ 出 願 人 ソ ニ ー 株 式 会 社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
㉑ 代 理 人 弁 理 士 高 月 亨

明 細 書

1 発明の名称

半導体装置の製造方法

2 特許請求の範囲

1. 少なくとも臭化水素と窒素とを含む混合ガスを用いて、被エッチング材のシリコン部分をエッチングする工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

2. 支持部に被エッチング材を配置し、密着手段により被エッチング材を支持部に密着させるとともに、該密着手段の被エッチング材との接触部分に測温手段を配設して温度検知を行うことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

3 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体装置の製造方法に関し、特にシリコンをエッチングする工程を有する半導体装

置の製造方法に関する。本発明は、少なくともシリコン部分を有しこれをエッチングする被エッチング材のエッチング工程を含む半導体装置の製造に汎用することができ、例えばシリコン材に溝や穴を形成するいわゆるシリコントレンチエッチング工程を有する半導体装置の製造に好適に適用することができる。

(発明の概要)

本発明は、半導体装置の製造方法の少なくとも一工程において、少なくとも臭化水素と窒素とを含む混合ガスを用いてシリコンをエッチングすることにより、汚染源が少ない手段によって、良好なエッチング形状が得られるようにしたものである。

(従来の技術及び問題点)

シリコン材をエッチングする技術は、半導体装置製造の分野で、様々に行われている。例えば単結晶シリコンに深い溝や穴を形成するいわゆるシ

リコントレンチエッチング技術は、高集積化した各種の半導体装置の製造において用いられ、例えば高メガビットDRAMにおけるトレンチキャパシタやトレンチトランジスタ、また高速バイポーラトランジスタのトレンチアイソレーション用等に応用され、今や必要不可欠なものになろうとしている。

このようなシリコントレンチエッチングに用いるガスとしては、従来、フッ素系ガスや塩素系ガス、及びこれらの混合系が様々に開発され、実用化されている。この中で現在主流となっているのは、 SiCl_4 / N_2 系ガスである。これについては本出願人は特願昭61-217690号（特開昭63-73526号）で基本的な提案を行っており、この技術は、プラズマ中での SiCl_4 の解離によって生ずる SiCl_3 と N_2 との反応生成物を側壁保護に利用して異方性加工を達成するという巧みな技術である。ただその後のめざましい技術の進展により、この技術にも更に解決すべき問題があることが見出されるに至っている。即ち、上記技術は、

①エッチングガスそのものにSiを含んでいるため堆積が多く、これは汚染をもたらすパーティクル源となり易い。

②開口径の狭い微細な穴や溝の高アスペクト比加工では反応生成物がうまくトレンチ（溝）内部に入り込めず、形状不良となり易い。この傾向は特にバッチ式エッチャーにおいて顕著である（バッチ式エッチャーは一般に、側壁保護に寄与する反応生成物の生成が小さい系でも、十分な保護が可能なものである）。

等の問題点がある。この対策として、本出願人は例えば特願昭62-217456号（特開昭64-59917号）において、 Cl_2 / N_2 系ガス等を開発し提案しているが、これは反応生成物をより多く発生する枚葉式エッチャーでは極めて有効であるが、エッチング速度の低いバッチ式エッチャーでは、その効果は必ずしも顕著には得られないことがある。

従って、エッチング装置によらず上記問題点を解決して、汚染源が小さく、良好な形状のエッチングが達成できる技術が切望されている。

ところで特開昭63-278339号公報には、シリコン等のエッチングに、ヨウ化水素、臭化水素、または CF_3Br_2 をガスとして用いる方法が記載されている。該公報が開示する技術は、その内容が必ずしも明瞭ではないが、臭化水素（ HBr ）を用いる場合、 HBr と SiF_4 と O_2 と He とから成るガスを用いると好ましい旨の記載がある（該公報の第8頁左上欄～右上欄）。しかしこのガス系では、 SiF_4 を用いるため、前記従来技術の問題の①で挙げたように、Siがパーティクル源となって汚染をもたらす。また、 O_2 が存在するため被エッチングシリコンの表面が酸化されてしまい、面荒れを生じ易い。更に反応生成物である SiO_2 が、ガスに SiF_4 が含まれることと相俟って大量に生成し、形状の制御性が悪くなるほか、条件設定が厳しくなって条件の許容度が狭くなる等、実用上の問題が大きい。

また一方、ポリシリコンのエッチングの従来技術として、臭化水素ガス利用のRIE技術を示す文献がある（Moritaka Nakamura 他「Variable Profile poly-Si Etching with Low Temperature

RIE and HBr gas」、1988 DRY PROCESS SYMPOSIUM、Ⅱ-5、予稿集58～63頁）。しかしこれに記載された技術だけでは、エッチング形状の制御性が難しく、特に同文献にあるように温度による形状の変化が大きく、アンダーカットが生じてトレンチのえぐれが生じたりすると考えられ、実用化は困難である。

更に従来技術として特開昭64-46931号公報には、臭素と水とを含むガスを用いるトレンチエッチング方法が提案されているが、臭素は毒性や、沸点（凝縮し易い）、その他の点で扱いにくく、また、臭素と水を用いるこの技術では側壁保護効果も不十分である。

本発明は上記したような諸問題点を解決して、半導体装置製造に際し、汚染源を生じにくく、かつ形状制御性良くエッチングを達成でき、かつ面荒れのおそれもなく、しかも扱い易いガス系を用いたエッチングを達成できる技術を提供せんとするものである。

(問題点を解決するための手段)

本発明の半導体装置の製造方法は、少なくとも臭化水素(HBr)と窒素(N_2)とを含む混合ガスを用いて、被エッチング材のシリコン部分をエッチングする工程を有するものである。

本発明において、エッチングガスとして用いる臭化水素と窒素との流量比は、所望のエッチングに応じて、適宜に定めることができる。臭化水素と窒素のほか、本発明の効果の阻害にならない他のガスを混合することは任意である。例えば、Ar, He, Xe, Kr等の希ガスを添加した混合ガスを用いることは、本発明の好ましい実施態様の一つである。

本発明は、被エッチング材のシリコン部分をエッチングする工程を必須の工程として有するが、被エッチング材は任意であり、その少なくとも一部にエッチングされるシリコン部分があればよい。全体がシリコン材から成るシリコン基板等が被エッチング材であってよいことは勿論である。

本発明において、シリコン部分とは、単結晶シリコン、ポリシリコン、シリコン系薄膜などのシ

リコン材から成る部分であって、シリサイド等のシリコン化合物や、これらを主成分とするものを含む概念である。

本発明は、単結晶シリコンに深い溝や穴を形成するいわゆるシリコントレンチエッチングをはじめとする、ポリシリコンや、その他シリコン系薄膜等のエッチング工程を有する半導体装置の製造に、好ましく適用することができる。

また、本発明の別の好ましい実施態様においては、支持部に被エッチング材を載置し、密着手段により被エッチング材を支持部に密着させるとともに、該密着手段の被エッチング材との接触部分に測温手段を配設して温度検知を行うように構成する。これによって、被エッチング材それ自体の温度をモニターできるので、常に最適温度条件でのエッチング等を達成することができる。

(作用)

本発明においては、臭化水素と窒素とを含む混合ガスによりシリコン部分をエッチングするので、

シリコンと、エッチングに寄与する臭素原子との反応により $SiBr_x$ が生成するが、この反応生成物 $SiBr_x$ が、従来方法による例えば $SiCl_4$ よりもより効果的に側壁保護膜を形成することができるため、良好な形状のエッチングを達成できる。更に、反応生成物 $SiBr_x$ と N_2 との副反応生成物も、側壁保護に寄与すると考えられる。従って、本発明の実施に当たっては、 $SiBr_x$ による側壁保護膜や、更に N_2 との副反応生成物による側壁保護膜を有効に利用できるように最適条件を設定して、良好な形状が得られるようにするのが好ましい。

かかるエッチング形状の制御は、HBrと N_2 との流量比によりコントロールでき、更には、希ガスを適正量添加することによってコントロールすることができる。

本発明によればエッチングに用いるガス系に含まれるシリコンガス($SiCl_4$ 等)などの汚染源となるパーティクルを生成し得るものを含有させる必要がないので、汚染対策上有利である。これは、形状制御性も良好にする。

更に、本発明によれば、HBrと混合するのは N_2 であり、 O_2 を添加した場合のような、シリコン部分の面荒れの発生は防止できる。かつ O_2 添加であると、シリコン部分にblack Siを生じ易いので、この除去のために SiF_4 の如きガスを添加せざるを得ないようなことになるが、本発明ではそのようなおそれはなく、HBr/ N_2 ガス系のみで良好なエッチングを達成でき、簡便である。

更にまた、側壁保護のために利用できる生成物は、上記したとおり反応生成物たる $SiBr_x$ や、副反応生成物である Si_3N_4 であり O_2 添加時のように大量の生成物を生ずる懸念がなく、プロセスを簡明にすることができる。

(実施例)

次に本発明の実施例について、図面を参考にして説明する。但し当然のことではあるが、本発明は以下に述べる実施例により限定されるものではなく、種々の態様をとることができるものである。

実施例-1

本実施例は、高集積半導体装置であるSRAMの製造に本発明を適用した。特に、単結晶シリコンにトレンチを形成するトレンチエッチング工程に本発明を具体化したものである。

本実施例における被エッチング材は、第1図に示すように、基板1と、その上に形成された絶縁膜2と、ポリシリコン膜3とから成る。これをフォトリソスト4をマスクにしてエッチングし、トレンチ11を形成する。本実施例では具体的には、基板1は単結晶シリコン基板であり、ここにトレンチ11を形成するものである。絶縁膜2は、二酸化シリコンから形成した。従って本実施例において、単結晶シリコン基板1、 SiO_2 絶縁膜2、ポリシリコン膜3が、それぞれシリコン部分を形成し、これらがエッチングされる。

本実施例において、エッチング条件は下記のとおりとした。

エッチングガス：HBr/ N_2 = 20/10 SCCMの混合ガス系
ガス圧：1.0 Pa

RF電力：300W

エッチング温度：15℃

エッチング装置：プラズマエッチング装置

HBr/ N_2 流量比等のエッチング条件は、所望のエッチング形状や使用機器により広汎に変えることができるものである。上記条件は、垂直なトレンチを形成するために設定したが、例えば開口付近が広がったテーパ状のエッチングを達成したいようなときは、所望のテーパエッチングが達成できるように条件を設定すればよい。一般には、テーパをつけたいときは、 N_2 流量を増やすとよい。堆積物が多くなるからである。

エッチング温度は、形状の制御性に関係するが、本実施例では使用機器との関連もあって、15℃とした。えぐれ防止（アンダーカットの防止）という点では、低温の方が良い。異方性エッチングの場合、反応性を抑える方が、良好なエッチング形状を得やすいからである。

本実施例によれば、第1図に示したような垂直

に形成された良好な形状のトレンチ11が得られた。

本実施例においては、次のような機構で反応が進むと推定される。

HBr プラズマでたたかれるシリコントレンチ部からは、 SiBr_x なる反応生成物が生じるが、これは不安定であるため、気相中でガス成分の N_2 と反応し、 Si_3N_4 となる。これが側壁に付着し、保護膜となる。第1図中に、保護膜を模式的に描き、符号5で示す。かかる保護膜5により保護がなされながら、エッチングが進む。この結果、異方性を得ることができ、良好なエッチング形状が得られる。

機構の詳細は不明であるが、反応生成物である SiBr_x が、従来方法による例えば SiCl_x よりも、より不安定であるため、 N_2 と反応し易く、より効率的に側壁保護膜5を形成するものと思われる。従って、バッチ式RIE手段等の反応生成物の少ない系においても、十分異方性を実現できる。

またエッチングガス自身には、Si、C等パーティクル源となり得るものは含まれていないので、

さらなる微細加工の要求にも応じられる。

本実施例はトレンチエッチングに本発明を適用したが、勿論これのみならず、本発明を適用できる各種半導体材料の製造加工に任意に応用可能であることは当然である。

実施例-2

次に第2図を参照して、本発明の第2の実施例について説明する。この実施例は、エッチングに際して、温度制御を良好に行わせるようにしたものである。

本発明は、広汎な条件で実施できるものではあるが、精密な形状制御のためには、エッチング温度の制御が重要である。

最近、エッチング処理時その他処理時における被処理材の温度の制御は特に注目を浴びており、次世代プロセス技術ではかかる温度制御技術が必要不可欠なものになろうとしている。

一般に、温度モニター手段としては、熱電対を用いた熱起電力の測定による方法や、温度による蛍光の減衰現象を利用した蛍光式ファイバー温度

計などが知られているが、いずれもそのセンサー部を被エッチング材であるウエハ等の表面（または裏面）に接触させねばならず、その固定方法が大きな問題となる。即ち、エッチング装置で被エッチング材の表面にセンサーを取り付けると、その部分はエッチングされなくなってしまうし、被エッチング材裏面からの接触も、支持部であるステージ、チェンバー等の加工を考えると難しい面があり、固定及び密着となると、更に困難である。

本実施例は、上述のような難点を克服するものであり、第2図（a）（b）に示したように、支持部6に被エッチング材10を配置し、密着手段7により被エッチング材10を支持部6に密着させるとともに、該密着手段7の被エッチング材10との接触部分に測温手段8を配設して温度検知を行って、半導体装置を製造するものである。

密着手段は第2図（b）に示すように、被エッチング材10を支持部6に押圧して密着させるものであり、この例は特に自重で被エッチング材を押圧密着させるようになっている。

ブを密着手段7としてこれによるウエハ固定冷却を行うタイプのエッチング装置において、クランプ底部のウエハとの接触部に熱電対や、蛍光ファイバー温度計等の測温手段8のセンサー部を埋めこんでおくのである。

エッチング処理時にクランプとウエハは接触するので、クランプ底部に設置した測温手段8であるセンサー部も当然被エッチング材10であるウエハと接触する。この際、クランプの重量がそのままかかるので、密着性固定性等に何ら問題はない。これによって、プロセス等に何ら影響を与えることなく、被エッチング材10それ自体であるウエハ上での温度モニターが可能となる。

本実施例により、プロセスに影響を与えない形で再現性良く、かつ容易に温度モニターを達成できる。

本実施例は、被エッチング材10のエッチング時に上記温度モニターを行うようにしたが、それに限らずCVDその他、エッチング前の他の処理、またはエッチング後の他の処理の際に上述の温度

本実施例において、被エッチング材10はシリコンウエハであり、支持部6は該シリコンウエハを載置するステージで、このステージの温度まで被エッチング材10を冷却する冷却手段としての役割も果たす。密着手段7は該冷却が効率良く達成されるために、被エッチング材10を支持部6に密着させるものである。よってここで「密着」というのは気密な接触を要するのではなく、温度移行が良好に行われるように接触することをいう。本実施例の密着手段7は、上記のように自重でシリコンウエハをステージ上に押圧支持するクランプである。即ち本実施例では具体的には、被エッチング材10であるウエハと、支持部6であるウエハステージ間の冷却効率を上げるための密着手段7であるウエハクランプのウエハとの接触部に測温手段8である温度センサーを埋めこみ、ウエハクランプでウエハをおさえている際には、常に該測温手段8が被エッチング材10たるウエハに接触するようにした。

即ち本実施例では、第2図に示すようなクラン

モニターを行うようにしてもよい。

〔発明の効果〕

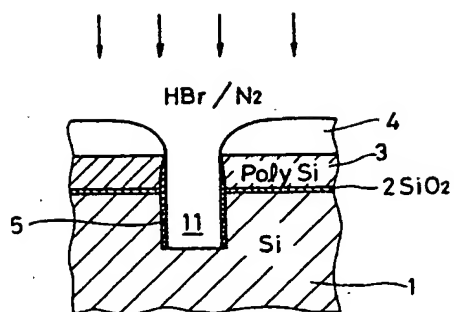
本発明の半導体装置の製造方法によれば、エッチングに際し、そのエッチング工程において汚染源を生じにくく、かつ形状制御性良くエッチングを達成でき、かつ面荒れのおそれもなく、しかも扱い易いガス系を用いたエッチングを達成できる。

4 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例のエッチング方法を示すための半導体装置の構造断面図である。第2図（a）（b）は、本発明の他の実施例のエッチング方法を示すための工程説明図である。

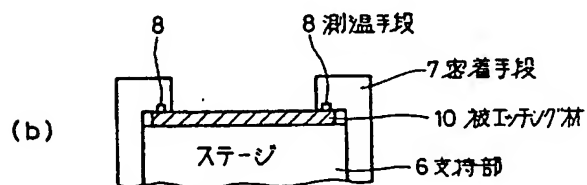
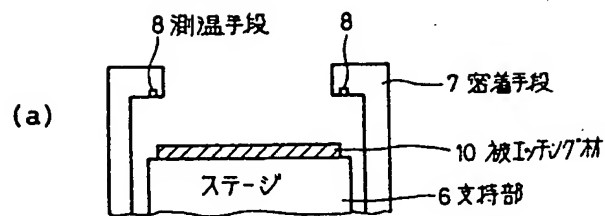
1…単結晶シリコン基板、2…絶縁膜、3…ポリシリコン膜、6…支持部、7…密着手段、8…測温手段、10…被エッチング材。

特許出願人 ソニー株式会社
代理人 弁理士 西 月 亨



実施例のエッチング方法

第 1 図



実施例の温度モニタ方法

第 2 図